

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

Александр Дмитриев

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: pk@napks.edu.ua

Аннотация: Представлены результаты оптимизация состава тяжелого мелкозернистого бетонов с применением добавки VIBROPOR. Установлены параметры прочностных характеристик оптимизированного состава.

Ключевые слова: цемент, бетон, прочность, добавки, состав

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Украине происходит возрождение сборного предварительно напряженного железобетона. Во времена бывшего СССР в Украине использовали 45-50 млн. м³ железобетона в год, из них 25-30 млн. м³ сборного и выше 6 млн. м³ предварительно напряженного. В последнее время широкое распространение получил монолитный железобетон. Необходимо сбалансированное соотношение между сборным и монолитным железобетоном. Сборный железобетон должен сохранять преимущественное положение там, где имеется развитая база строительства.

Во многих странах Европы широкое распространение получили предварительно напряженные многопустотные плиты перекрытий,

ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Производство «Тэнсиланд» представляет собой бетонный полигон с металлическим покрытием, разделенный на 8 формовочных дорожек, ограниченных рельсами для перемещения технологического оборудования.

Каждая формовочная дорожка служит поддоном для непрерывного формования плит и балочных железобетонных изделий. Рабочая длина дорожек 99 м. Под металлическим полотном дорожек размещены нагревательные элементы, предназначенные для подогрева поддона и передачи тепла к свежетоформованному изделию, что ускоряет процесс набора прочности бетона.

По торцам дорожек расположены упоры для крепления концов высокопрочной проволоки, применяемой для армирования железобетонных изделий.

изготавливаемые экструзионным способом. Технология обладает многими преимуществами по сравнению с технологией монолитного железобетона и традиционной для Украины технологией производства сборных плит перекрытия.

Технология производства почти полностью автоматизирована и позволяет получать изделия с идеальными геометрическими размерами.

Для производства многопустотных плит перекрытия экструзионным способом применяется жесткие бетонные смеси с подвижностью П1, арматурная проволока Вр-II диаметром 5 мм. Изготавливаемые плиты отвечают техническим условиям ТУ У26.6.-01267308-002:2008 . «Плиты пустотные непрерывного формования».

За упорами, расположенными в начале дорожек, установлены кассеты бухт проволоки, и находятся гидравлические устройства для натяжения проволоки. За упорами, расположенными в конце дорожек, имеется зона для выхода оборудования, его мойки и технического обслуживания. В этой зоне устроены канаты и отстойники для сбора отходов производства и очистки воды перед сбросом в канализацию. Подача бетона на линию осуществляется с бетоносмесительного узла через ленточный конвейер и раздаточную бадью.

Технологический процесс начинается с чистки и смазки одной из формовочных дорожек. Затем машиной для раскладки проволоки производится разматывание проволок из бухт и ее предварительное раскладывание по все длине дорожки. После раскладывания необходимого количества проволок производится их поочередное натяжение с помощью гидравлического натяжителя pistolетного типа. Концы проволоки фиксируются

в упорах цанговыми зажимами. После окончания процесса натяжения арматурной проволоки, не позже 15-20 мин. Начинается процесс формовки железобетонных плит.

С помощью мостового крана на начало дорожки устанавливается формующая машина «Тэнсиланд». С барабана тяговой лебедки, находящийся в машине, сматывается трос. Его конец закрепляется за анкерный якорь, расположенный в другом конце дорожки. В бункер формующей машины загружается бетон, включается тяговая лебедка и вибратор и начинается процесс формования изделия на всю длину дорожки.

После окончания формовки машина устанавливается краном на пост мойки и производится тщательная мойка бункера и

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФОРМОВОЧНЫМ ДОРОЖКАМ

Покрытие формовочных дорожек (стальной лист) служит поддоном для формируемых изделий, поэтому его конструкция и качество должны удовлетворять требованиям ГОСТ 25781-83 «Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия».

Конструкция и качество покрытия формовочных дорожек должно обеспечивать изготовление плит с необходимой точностью в пределах допусков, установленных техническими условиями и рабочими чертежами.

На рабочей поверхности листового покрытия не допускаются загрязнения, раковины, трещины и другие дефекты. Перепад листов в месте стыка не должен превышать 1 мм. Сварные швы должны быть зачищены заподлицо с рабочей поверхностью. Шероховатость зачищенной поверхности шва Ra должна быть не более 40 мкм/Rz не более 160 мкм. Отклонения от плоскостности рабочей поверхности поддона шириной 1200 мм. Не должны превышать по длине:

до 2500 мм- 3мм,

2500...4000- 4 мм,

4000...8000-5мм,

8000...16000 -10мм.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

прессформ машины струей воды под высоким давлением. Дорожка со свежесформованными изделиями накрывается защитным покрывалом и производится термообработка отформованных изделий согласно заданному режиму. После достижения бетоном требуемой прочности (75 %) производится резка на изделия заданной длины. Резка выполняется специальной резательной машиной, оснащенной высокопрочным отрезными дисками с алмазным напылением. Готовые изделия, мостовым краном, укладываются на тележку и вывозятся на склад готовой продукции. Готовая продукция транспортируется на склад на вывозной тележке.

Для производства многпустотных плит перекрытия экструзионным способом применяется мелкозернисты жесткие бетонные смеси с подвижностью.

Мелкозернистые бетоны характеризуются наибольшей крупностью заполнителей 10 мм и менее, для приготовления бетонной смеси применяются гранитные и диоритные щебни фракцией 5-10 мм, комплексная добавка «VIBROPOR», производства фирмы Stachema – добавка для вибропрессованного бетона, песок с модулем крупности -1,46 (Запорожское месторождение), в качестве вяжущего материала используется портландцемент М500 активность цемента определяется по ГОСТ 310.4-81.

ТЯЖЕЛЫЕ БЕТОНЫ

Для приготовления тяжелых бетонов применяют обычный портландцемент и его разновидности: быстротвердеющий, пластифицированный и пуццолановый, шлакопортландцемент и др. Для затвердения бетонной смеси и поливки бетона используют, как правило, питьевую или природную воду, не содержащую вредных примесей, которые препятствуют нормальному твердению бетонов (сульфаты, кислоты, жиры, сахар, растительные масла и др.).

В качестве мелкого заполнителя используют природный песок крупностью от 0,14 до 5 мм или искусственные пески, получаемые при дроблении шлака, керамзита, аглопорита. Качество песка характеризуется его зерновым (гранулометрическим) составом и наличием вредных примесей (глинистых, пылевидных частиц

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

и органических примесей). Природные пески по гранулометрическому составу подразделяются на крупный, средний, мелкий и очень мелкий. Для приготовления тяжелого бетона главным образом используют крупные и средние пески с содержанием пылевидных и глинистых частиц не более 3% по массе.

Крупным заполнителем служит гравий или щебень из горных пород, реже — шлаковый или кирпичный щебень. Гравий — это смесь каменных зерен округлой формы, образовавшихся в результате естественного разрушения твердых горных пород. По крупности зерен гравий разделяют на фракции: 5...10, 10...20, 20...40 и 40...70 мм.

Щебень — рыхлая смесь искусственно дробленых горных пород, кирпича или шлака крупностью зерен от 5 до 70 мм. В отличие от гравия для щебня характерна остроугольная форма и шероховатая поверхность зерен, и поэтому сцепление его с цементно-песчаным раствором значительно лучше, чем у гравия.

Качество щебня и гравия характеризуется зерновым составом, содержанием вредных примесей, прочностью и морозостойкостью. По размеру зерен щебень делится на те же фракции, что и гравий. Выбор соответствующей фракции крупного заполнителя зависит от назначения бетона и вида конструкции, в которую его укладывают. Содержание вредных примесей в крупных заполнителях не должно превышать 1% по массе.

Природные заполнители или инертные материалы, как правило, в местах добычи обогащают, т. е. промывают для удаления пылевидных глинистых и других примесей, затем дробят и сортируют по фракциям. Обогащение инертных снижает расход цемента. Транспортируют заполнители железнодорожным и автомобильным транспортом, а хранят на специальных открытых и закрытых складах. При этом должно быть исключено смешивание заполнителей разных пород и фракций.

Свойства бетонной смеси. Бетонной смесью называют рационально подобранную и тщательно перемешанную смесь вяжущего вещества, заполнителей — песка и щебня или гравия, воды и в необходимых случаях добавок (пластификаторов и ускорителей твердения). При затвердевании бетонной смеси образуется искусственный камень — бетон. Свежеприготовленная бетонная смесь должна обладать необходимой пластичностью и подвижностью.

Пластичность — способность бетонной смеси плотно заполнять форму бетонируемого изделия без расслаивания на отдельные составляющие, характеризует внутреннюю связность смеси.

Подвижность бетонной смеси оценивают величиной осадки конуса, см, отформованного из данной смеси, под действием собственной массы. Величину осадки измеряют обычной линейкой. По осадке конуса бетонные смеси делят на жесткие и особо жесткие, не дающие осадки, малоподвижное с осадкой 1—3 см, подвижные с осадкой 4—15 см, литые с осадкой более 15 см. Необходимо отметить, что жесткие смеси являются более экономичными по расходу цемента. Подвижность бетонной смеси зависит не только от количества цемента, но и от его вида, а также от количества воды, крупности и формы зерен заполнителей и от наличия в смеси пластифицирующих добавок. Применение органической пластифицирующей добавки — сульфитно-дрожжевой бражки в количестве 0,15—0,25% массы цемента — обеспечивает при заданной подвижности бетонной смеси снижение водопотребности смеси на 8—12% и снижение расхода цемента на 7—10%. Свойства бетонной смеси обеспечиваются правильным подбором состава бетона.

Подбор состава бетона заключается в определении весового соотношения составляющих материалов (цемента, воды, песка, щебня или гравия) для получения бетона заданной прочности и бетонной смеси необходимой удобоукладываемости и связности при наименьшем расходе цемента. Состав бетона заданных характеристик подбирают в лабораториях путем расчета и уточняют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов размером 20 X 20 X 20 см на сжатие через 28 сут нормального твердения. Состав выражают соотношениями между цементом и заполнителями по массе.

Количество цемента принимают за единицу. Эти соотношения записывают в виде Ц : П : Г (цемент : песок : гравий). Содержание воды указывается в виде водоцементного отношения В/Ц. Например, состав бетона может быть записан 1:2:4 при В/Ц = 0,5 и расходе цемента 300 кг/м³ бетона. Тяжелый бетон применяют в промышленном, гражданском и сельскохозяйственном строительстве, оценивают пределом прочности при сжатии и пределом прочности на растяжение при изгибе, являющимися основными характеристиками его механических свойств. При подборе состава

бетон следует учитывать, что кроме прочности необходимо обеспечить и другие его основные свойства: плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, огнестойкость, усадку и расширение, стойкость против коррозии и др.

Плотность и водонепроницаемость бетона зависят от наличия в объеме бетона пор, образовавшихся в результате испарения излишней, не вступившей в химическую реакцию с цементом воды, а также в результате неполного удаления воздушных пузырьков при уплотнении бетонной смеси. Плотность бетона повышается с уменьшением водоцементного отношения и применением пластифицирующих добавок, а также за счет тщательного уплотнения бетонной смеси. Плотность обычного тяжелого бетона не должна быть ниже 94%. С повышением плотности бетона возрастают его прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и стойкость против коррозии.

Водонепроницаемость бетона характеризуется степенью водонепроницаемости, т. е. величиной наименьшего давления воды, при котором она не просачивается через бетонный образец. По водонепроницаемости бетоны делятся на марки В2, В1, В6, В8, В10 и В12, где цифры показывают величину давления воды в атмосферах.

Морозостойкость — способность бетона выдерживать без разрушения многократное попеременное замораживание и оттаивание. Тяжелые бетоны по морозостойкости делятся на семь марок: Мрз 50, 100, 150, 200, 300, 400 и 500. Цифры обозначают количество циклов замораживания.

Огнестойкость. Бетон является огнестойким материалом, но при продолжительном воздействии температур до 200 °С наблюдается снижение прочности бетона на 25—30%. При повышении температуры до 500 °С бетон разрушается.

Усадка и расширение бетона. Необходимо знать, что бетон при твердении дает усадку около 0,15 мм на 1 м длины конструкции; при твердении в воде в массивных конструкциях происходит незначительное расширение.

Коррозия бетона — способность бетона разрушаться под воздействием проникающих в толщу бетона агрессивных веществ, которые вступают в обменные реакции с составляющими цементного камня. При постоянной фильтрации

воды через трещины и поры бетона вымываются растворимые вещества и процесс разрушения ускоряется. Для защиты от коррозии на поверхности бетона, соприкасающиеся с агрессивной средой, наносят специальные покрытия (обмазку битумом, оклейку рубероидом, покрытие жидким стеклом или полимерными пленками). Стойкость бетона против коррозии повышается также при использовании пуццоланового портландцемента, глиноземистого и кислотостойкого цемента.

Специальные виды тяжелых бетонов. К специальным бетонам относят гидротехнические, дорожные, кислотоупорные, жаростойкие и бетоны для защиты от радиоактивных воздействий.

Все перечисленные виды бетонов отличаются от обычных подбором состава вяжущих и заполнителей, а также введением добавок.

Гидротехнический бетон отличается повышенной плотностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, стойкостью против коррозии. Приготавливают его на сульфатостойком и пуццолановом портландцементе с применением высококачественных заполнителей и введением тонкомолотых гидравлических и инертных добавок, а также пластифицирующих и гидрофобных добавок (с. д. б., мылонафт).

Дорожный бетон должен обладать теми же свойствами, что и гидротехнический, плюс повышенной износостойкостью. Для его приготовления используют пластифицированный или гидрофобный портландцемент, а в качестве крупного заполнителя — гранитный щебень.

Кислотоупорный бетон специального назначения служит для облицовки аппаратуры на предприятиях химической промышленности. Приготавливают его на кислотоупорном цементе и кислотостойких заполнителях (кварцит или андезит) и затворяют жидким стеклом.

Жаростойкий бетон отличается способностью сохранять первоначальную прочность при температурах до 1580 °С. Для его приготовления используют глиноземистый цемент, портландцемент, шлакопортландцемент и жидкое стекло с добавкой кремнефтористого натрия. Заполнителями служат металлургические шлаки, бой керамических и огнеупорных материалов, базальт, диабаз

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА

Правильный подбор состава является важнейшим мероприятием технологии бетона. Цель этой операции — получение бетона, удовлетворяющего заданным техническим требованиям при принятой технологии и наиболее экономичного по составу, т. е. бетона заданной марочной прочности при определенной удобоукладываемости смеси с использованием имеющихся материалов (щебень, гравий, песок, цемент). Обычно экономичность обеспечивается минимальным расходом цемента.

Может решаться и обратная задача: при заданном расходе цемента подобрать состав, который при принятой технологии обеспечит получение максимальной прочности бетона.

Подбор состава бетона осуществляется в соответствии с ГОСТ 27006-86. Предварительный расход компонентов бетона производится расчетным методом абсолютных объемов по формулам Скрамтаева-Боломея на основании определенного оптимального соотношения мелкого к крупному заполнителю. Корректировка составов по подвижности и прочности производится на пробных замесах. При приготовлении бетонных смесей производится массовое дозирование сыпучих компонентов (цемент, песок, щебень) и объемное дозирование воды. Перед применением мелкий и крупный заполнитель высушивают в сушильном шкафу. Добавку вводят с водой затворения в количестве, рекомендуемом производителем добавки. Погрешность дозирования не превышает 1%. Подвижность бетонной смеси определяли по осадке конуса согласно ДСТУ БВ. 2.7-114-2000.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА

Для исследования влияния вида добавок на свойства бетонной смеси готовили бетонные смеси на ПЦ М 500 и речном песке при постоянном В/Ц с количеством добавки, регламентированным производителем (по паспорту). Результаты представлены в табл. 2.

На основании полученных экспериментальных данных, были разработаны составы бетонов на ПЦ М500. Количество воды подбиралось с учетом требуемой подвижности бетонной смеси.

Бетонные образцы формовали в форме кубов с размером ребра 100 мм в металлических формах. Уплотнение образцов-кубов производилось на лабораторной виброплощадке с частотой колебаний 3000 кол/мин и амплитудой колебаний 0,5 мм с прессующим усилием 0,11 кгс/см.

Твердение образцов-кубов производили в камере тепловлажностной обработки (ТВО), а также в камере нормального твердения в течение 28 сут. Режим ТВО принимали следующий: предварительное выдерживание -2 ч, подъем температуры до 60 °С - 6 ч, изотермическая выдержка образцов при температуре 60 °С - 7 ч, снижение температуры - свободное.

Прочность бетона определяли по ГОСТ 10180 – 78. Показатели предела прочности при сжатии бетона определяли после ТВО, в возрасте 28 сут нормального твердения и в возрасте 28 сут после ТВО, а также после тепловлажностной обработки. Плотность бетона определяли по ГОСТ 1273.1 - 78.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ, СООТНОШЕНИЯ МЕЛКОГО К КРУПНОМУ ЗАПОЛНИТЕЛЮ И В/Ц НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

Для предварительной оценки влияния вида мелкого заполнителя, а также соотношения мелкого к крупному заполнителю в зависимости от водоцементного отношения расчетным методом были определены составы бетонов с требуемой подвижностью. Составы готовили на портландцементе М500. Составы бетонных смесей и основные физико-механические показатели бетона представлены в табл.1

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы, выявлено, что большей прочностью обладает бетон с добавкой VIBROPOR, при использованной данной добавки бетонные смеси на ПЦ М500 обладает связанностью структуры и обладает высокой способностью разжижаться, после снятия напряжения от вибрации обладают высокой жесткостью для удержания приданой формы.

Предложенный состав бетона обеспечивает требуемую подвижность бетонной смеси (ОК- 1 см) и среднюю прочность бетона на сжатие.

Таблица 1. Основные физико-механические показатели бетона

Table 1. Main physical and mechanical properties of concrete

№ п/п	Состав бетонной смеси, кг/м ³						Плотность бетона, кг/м			Прочность бетона R _c , МПа		
	це мент	пе сок	ще бень	во да	В/Ц	М/К	после ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	после ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО
1	600	430	1100	180	0,3	0,4	2390	2350	2375	61,1	58,9	74,5
2	450	465	1195	180	0,4	0,4	2425	2450	2430	47,8	49,6	66,5
3	600	670	855	180	0,3	0,8	2370	2345	2375	58,5	60,9	84,6
4	450	725	930	180	0,4	0,8	2345	2385	2385	39,2	42,9	59,9
5	515	590	1010	180	0,35	0,6	2405	2345	2380	51,0	51,5	68,5

Таблица 2. Результаты опытов

Table 2. The results of experiments

Вид добавки	Состав бетонной смеси на м ³					Под виж ность, ОК, см	Плотность бетона, кг/м ³			Прочность бетона R _{cж} , МПа			
	ц кг	п кг	щ кг	Д л	В/Ц		пос ле ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	пос ле ТВО	28 сут норм, тverd.	28 сут после ТВО	
Песок													
без добавки	450	600	1040	-	0,43	0,7	2420	2400	2400	39,1	41,8	58,5	
Vibropor	450	600	1040	1,83	0,28	1,0	2405	2375	2380	42,1	43,4	61	

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА БЕТОНА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ «ТЭНСИЛАНД»

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов Ю.М., 2003. Технология бетона. - М.: АСВ. -500.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В. и др., 1978. Структура и свойства цементных бетонов. - М.: Стройиздат. – 344.
3. ДСТУ Б.В.2.7 – 69 – 98. «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности. – 58.
4. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity. – 86.
5. Ушеров-Маршак А.В., 2004. Украинский бетон на пути в Европу./Сб. докл. «Дни современного бетона». - Запорожье, 14 - 22.
6. Химические и минеральные добавки в бетон, 2005/Под ред. А. Ушерова-Маршака. - Х.: Колорит.-280.
7. Фаликман В.Р., 2009. Поликарбонилаты: вчера, сегодня, завтра. – М.: Россия. – 210.
8. Жук П.М., 2006. Оценка качества строительных материалов в соответствии с требованиями зарубежных стандартов: Учебное пособие. – М.: Архитектура-С. – 135.
9. Горчаков Г.И., Баженов Ю.М., 1986. Строительные материалы.- М.: Стройиздат. – 688.
10. Кривенко П.В., Пушкарев Е.К., Барановский В.Б. и др., 2007. Строительное материаловедение. – К.: Основа. - 704.
11. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. , 1991. Железобетонные конструкции. Общий курс. - М.: Стройиздат, - 767.
12. Свищ И.С., 2009. Строительное материаловедение: Пособие для лабораторных работ. – Симферополь: РИО НАПКС. - 273.
13. Sukach. M. 2009. Automated control and measuring of parameters of technological processed system M. Sukach, I. Litvinenko, D. Bondar// MOTROL/ - № 11В, 190 - 195
14. Pekarski. F., 2011. Innovacyjna technologia produkcji bentonitu odlewniczego z wykorzystaniem wyselekcjonowanych frakcji powstajacych pizy wytwarzaniu sorbentow/ F. Pezarski, A. Palma, I. IzdebskSzanda// MOTROL. - № 13, 269 - 280.
15. Gazanov A. 2009. Economy of resurces at production of buld materials/ A.Gazonov, H. Nesterenko, A. Lyubl'ko// MOTROL - №11А, 134 – 137.

OPTIMIZATION OF THE PROCESS FOR CONCRETE LINE "TENSILAND"

Summary: The results of the optimization of a heavy fine grained concrete with the use of additives VIBROPOR. The parameters of the strength characteristics of the optimized composition.

Key words: cement, concrete, strength, additives, the composition

